

十種競技選手の走高跳におけるクリアランス効率

石井 政弘*

陸上競技の十種競技選手は、二日間にわたる競技進行上4番目となる走高跳種目において、この種目のみを専門とする選手に比べ競技適性や練習時間・経験などの影響から一般的に跳躍技術で劣ると考えられている。本研究では、実際に行われた競技会場面で3次元動作分析法を用いて選手を観察し、特に空中でバーを超える時点のパフォーマンス（＝クリアランス技術）効率に着目し、跳躍技術の向上について分析し、考察したものである。分析内容としては、身体重心の最高到達点時点での身体姿勢、実際にクリアーしたバーと身体重心との関係などを、先行研究や技術レベルの高い走高跳専門選手等と比較検討した。

キーワード：陸上競技、十種競技、走高跳、身体重心、3次元動作分析

High Jump Clearance Efficiency in Decathletes

Masahiro Ishii

The track and field decathlon event consists of 10 events competed in 2 consecutive days. In the case for the high jump event, it is commonly assumed that the technical skill of decathletes is lower than athletes specializing in the high jump event, due to difference in training hours, experience, and strengths in the event. This research focuses on comparing the performance of athletes during bar clearance, by calculating the clearance efficiency using 3-dimensional motion analysis of athletes in the air during an actual competition event. The body position during maximum height of center of gravity, and the relationship between the center of gravity and the cleared bar was analyzed for decathletes and high jumpers, and the results were compared with results from previous research.

Keyword：Athletics, Track and Field, Decathlon, High jump, Center of gravity, 3-dimensional motion analysis

*東京情報大学総合情報学部教養・教職・学芸員課程

2010年6月23日受理

Tokyo University of Information Sciences, Faculty of Informatics, Liberal Arts and Education for Teachers and Curators

はじめに

十種競技は、二日間にわたり走跳等の各種目（100m、走幅跳、砲丸投、走高跳、400m、110mハードル、円盤投、棒高跳、やり投、1500m）を行い、総合得点で勝敗を決める種目である。このなかで、競技進行上4番目となる走高跳種目において、十種競技選手はこの種目のみを専門とする選手に比べ競技適性や練習時間・経験などの影響から、一般的に跳躍技術で劣ると考えられている。

走高跳の跳躍技術に関する研究では、1991年に東京で行われた世界陸上選手権での飯干¹⁾らの研究などがあり、当時の世界一流選手達の技術を分析している。この研究では踏切離地時の

重心高を H_1 、空中における重心上昇高を H_2 、最大重心高とバー高との差を H_3 としており、バーを越えるクリアランスの評価としてはこの H_3 の大きさを用いている。

その結果、男子走高跳においては優勝者の2m38オースチン（USA）は -0.08m 、つまり身体重心はバーの8cm上を通過しており、8名の男子入賞者全員は $-0.04\sim -0.12\text{m}$ のなかであると報告している。これに対して、女子走高跳では優勝者の2m00ヘンケル（GER）は -0.03 であり、1位～7位までの選手は $-0.03\sim -0.08\text{m}$ で男子同様にバーより身体重心は高い結果であった。しかし、8位1m90コバチ（HUN）だけは 0.03m と正の値を示し、非常に効率の良いクリアランスを行っていた。背面跳



写真1. 実験場面

カメラセット（下段）とコントロールポイントの撮影（上段）

の時代になって技術的にはほぼ進歩が停滞しており当時から現在まで大きな革新的技術が生まれてない状況も考え合わせると実際の多くの陸上競技会でも正の値を示すことは極めて稀であると考えられる。

本研究では、実際に行われた走高跳と十種競技の競技会場面で3次元動作分析法を用いて選手を観察し、特に空中でバーを超える時点のパフォーマンス(＝クリアランス技術)効率に着目し分析および考察を行ったものである。

方法

分析対象は2010年4月10～11日に千葉県勝浦市の国際武道大学内グラウンドで行われた国際武道大学競技会において十種競技に参加した5名の選手であり、第4種目の走高跳競技場면을撮影し検討を行った。また、比較対象として技術的に優れていると考えられる男子走高跳選手(中学3年生)も単独種目の走高跳競技場면을撮影分析した。この選手は昨年、中学2年生時

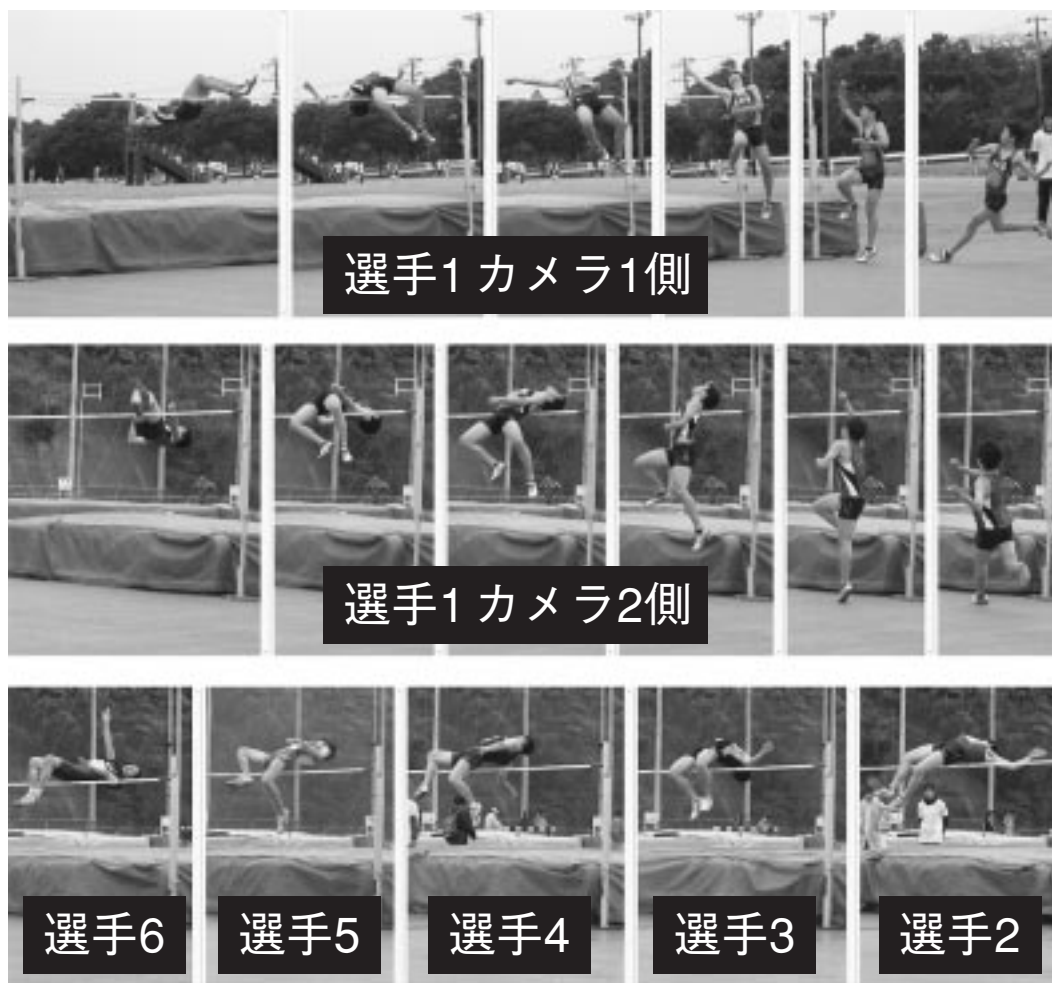


写真2. 選手の跳躍フォーム

上二段は選手1の二方向からの撮影画像、下段は他の5選手のクリアランス

において全国大会に出場しており、今競技会でもそれまでのベスト記録を7 cm更新する1 m95に成功している。

主催者の許可を得て走高跳競技ピットの助走路外側にビデオカメラsony製 HDR-HC 1を光軸が直交に近い形になるように二台セットし、踏切足接地時からバーのクリアー後まで試技を撮影した。競技終了後には長さ2 m00の較正用ポールを踏み切り周辺の4点に垂直に立て撮影した。この較正用ポールから計8点のコントロールポイントを使用して3次元分析法であるDLT法（Direct Linear Transformation Method）で選手の身体各部の3次元座標を算出した^{2) 3) 4) 5) 6)}。さらに、身体各部の座標データをもとに合成重心を算出し種々の分析を行った。

ビデオカメラのシャッター速度は1/1000秒で毎秒30コマ、座標デジタイズには動画から静止画にキャプチャーした解像度1440×810のjpg画像を用いた。分析対象とした試技は同競技会において最終的に成功した最も高いバーとした。このとき使用したデジタイズ、3次元位置

算出、CGデータファイル作成などの各ソフトウェアはオリジナルで作成したものである。

分析項目としては、以下のように身体重心の最高到達点時点での身体姿勢、実際にクリアーしたバーと身体重心との関係などを、先行研究や技術レベルの高い走高跳専門選手等と比較検討した。

1) 3次元座標を元に作成したCGによりクリアランス時の姿勢を比較

2) 重心高の時間経過変化

3) 最大重心高とバー高の差

4) 側方から見たバーの位置と重心との関係

なお、被験者となった選手のうち、走高跳専門選手を選手1とし混成競技選手を、それぞれ選手2～6とした。踏切脚は全員が左脚、さらに跳躍フォームは背面跳であった。

結果と考察

各選手の競技レベルは、走高跳専門である選手1はこの日の1 m95がベスト記録、他の十種競技選手は3000点～6500点までがベスト記録で、走高跳に関しては1 m55～1 m80のレベル

表1. 選手のプロフィール
ベスト記録に関しては2010.4.10までのもの

被験者	身長(m)	分析試技(m)	最大重心高(m)	走高跳ベスト(m)	十種競技ベスト(点)
選手1	1.78	1.95	1.989	1.95	—
選手2	1.79	1.75	1.857	1.80	5351
選手3	1.74	1.70	1.770	1.80	6435
選手4	1.78	1.70	1.817	1.80	6005
選手5	1.82	1.65	1.805	1.82	5346
選手6	1.78	1.55	1.689	1.55	3240
平均(選手2～6)	1.782	1.670	1.788	1.754	
標準偏差(選手2～6)	0.026	0.068	0.057	0.102	

である。分析に使用した試技（当日の競技での最終成功試技）は、選手1が1 m95、選手2は1 m75、選手3と4は1 m70、選手5は1 m65、選手6は1 m55であった（表1）。

図1は選手1の跳躍を3次元CGで可視化したものである。なお、サンプルとして見やすいように数コマおきに抜き出し1シーンにおさめた。多様な角度から観察できるので専門的な陸上競技コーチが活用すれば種々の分析が可能であろう。

図2は6名の選手の最大重心高となった時点での空中姿勢をCGであらわしたものであるが、左列は真上方向から、右列は真横方向から見た状態である。姿勢とクリアランス効率の関係を安易に比較することはできないが、選手1、選手4、選手5がバーに近い位置で最大重心高となっており、他の3選手はバーを通過してから最大重心高となっていた。なかでも選手1は、

バー位置とほぼ同じであり、なおかつ側方からの観察でも身体重心とバーの位置は非常に近く効率の良いクリアランスであることがうかがわれた。

また、厳密な分析は行っていないが、身体の縦軸（頭頂から足裏までの直線）が助走や踏切時の進行と同じ方向を向いている傾向にあるのは、選手1、選手3、選手5であり、他の3選手は助走後半での方向からそのまま進行方向に跳躍していくのではなく、力を右方向（右肩方向）へ逃がしている状況であると推測された。

図3は重心高の時間経過変化をあらわしたものである。最大重心高となった時点をもととしており、各選手のデータの開始は踏切足の接地時点である。選手の最大重心高は、選手1は1 m989、選手2は1 m857、選手3は1 m770、選手4は1 m817、選手5は1 m805、選手6は1 m689であった（表1）。そして、図4は最大

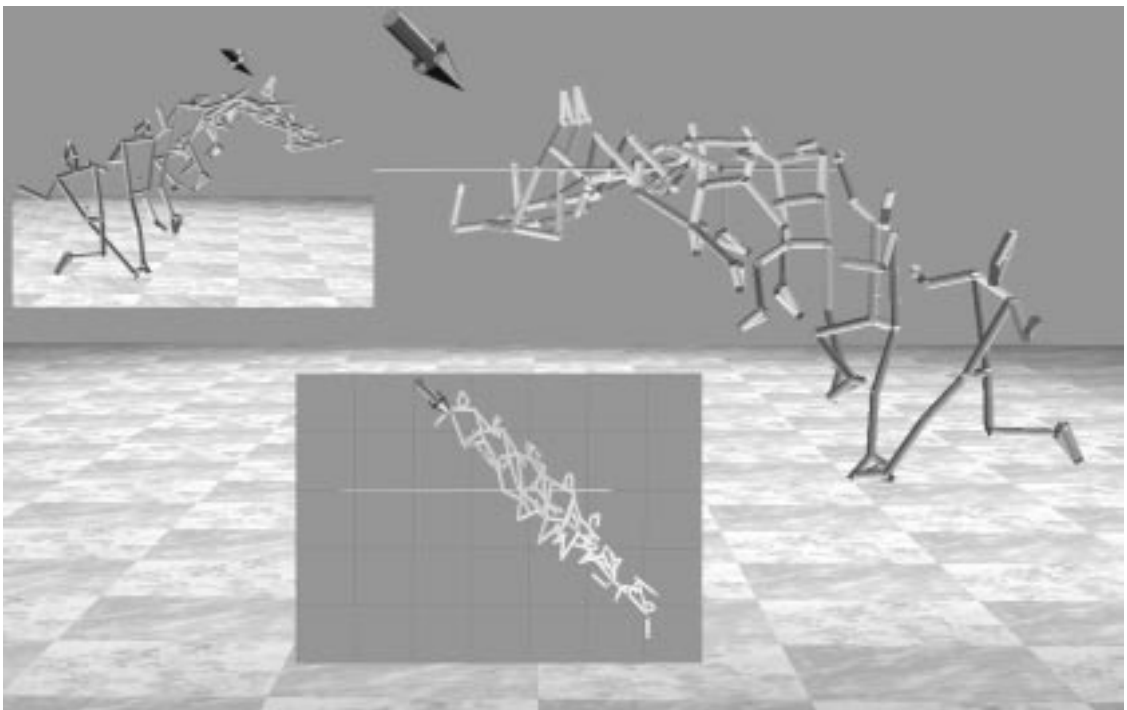


図1. 跳躍フォームを3次元CG化したもの
選手1、バーの高さは1 m95

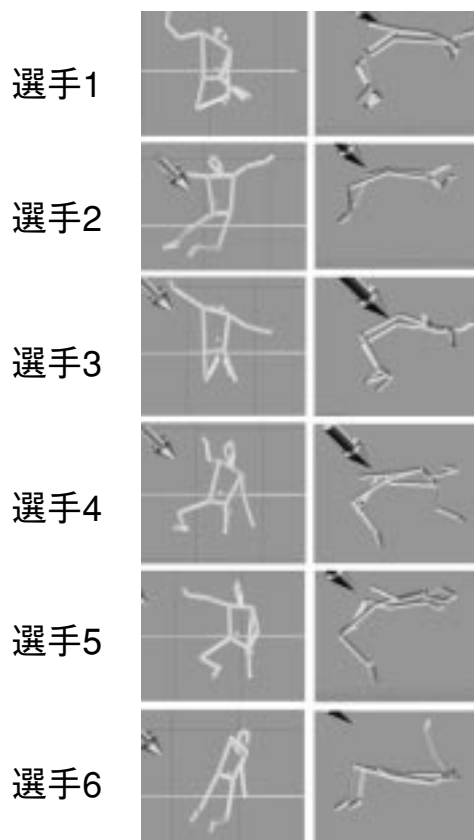


図2. 選手6名のクリアランス

最大重心高の時点を上方向および側方から見たもの

重心高とバー高の差を示したものであるが、前述の H_3 と同じものであり、選手1が -0.039 ($=-3.9\text{cm}$)と最も小さく、選手3が -7.0cm 、他の4選手は $-10.7\sim-15.5\text{cm}$ であった。走高跳専門である選手1が非常に効率の高いクリアランスをしていた。1991年東京世界陸上選手権時の世界一流選手の分析と比較しても遜色のない結果と考えられよう。

図4は側方から見たバーの位置と重心の関係である。身体重心が最大値となる（最高点）のはバーに対して手前なのかマット側なのかを確認することができる。バー（位置）との距離が負ならば助走路側で最高点、正ならばマット側で最高点となっている。ここから、選手1と選

手4は図2でも述べたようにほぼ0地点（3cm以内）、つまりバー位置で最高点となっていた。選手5はわずかにマット側（約5cm）、選手2は約29cm、選手3は約17cmマット側、選手6は約32cmと比較的大きな値を示しバー位置と最高点がずれている傾向にあった。離地した重心の軌跡はほぼ放物線であるが、身体の形や姿勢は複雑なため0地点であれば効率が高いクリアランスができるかどうかは本研究のデータからは明確にはできないが、少なくとも30cm近い大きな値は不利であると推測される。

結論

上記の結果から、先行研究や専門の走高跳選

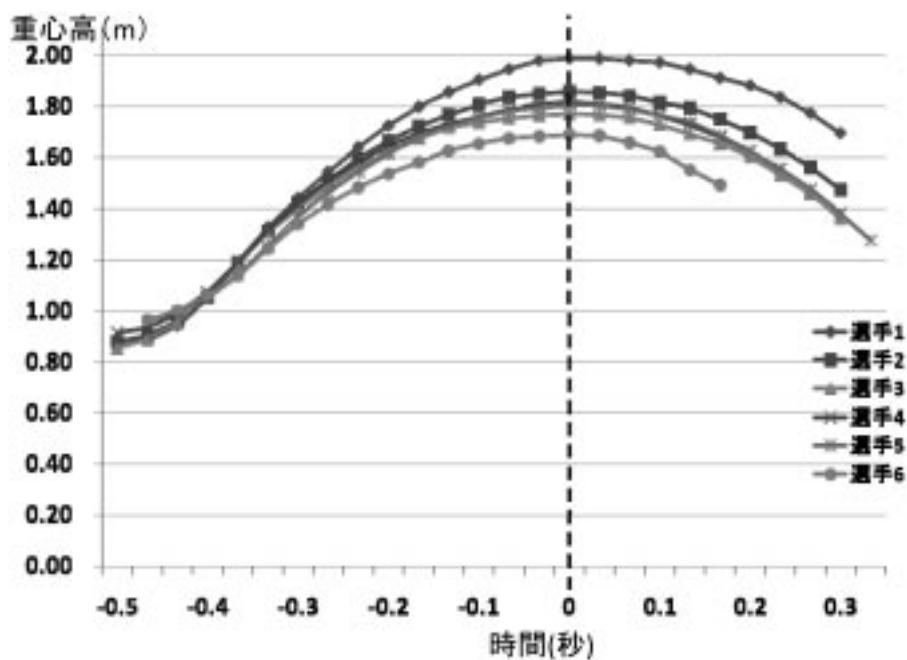


図3. 重心高の変化
最大重心高時を 0 秒とした時の時間変化

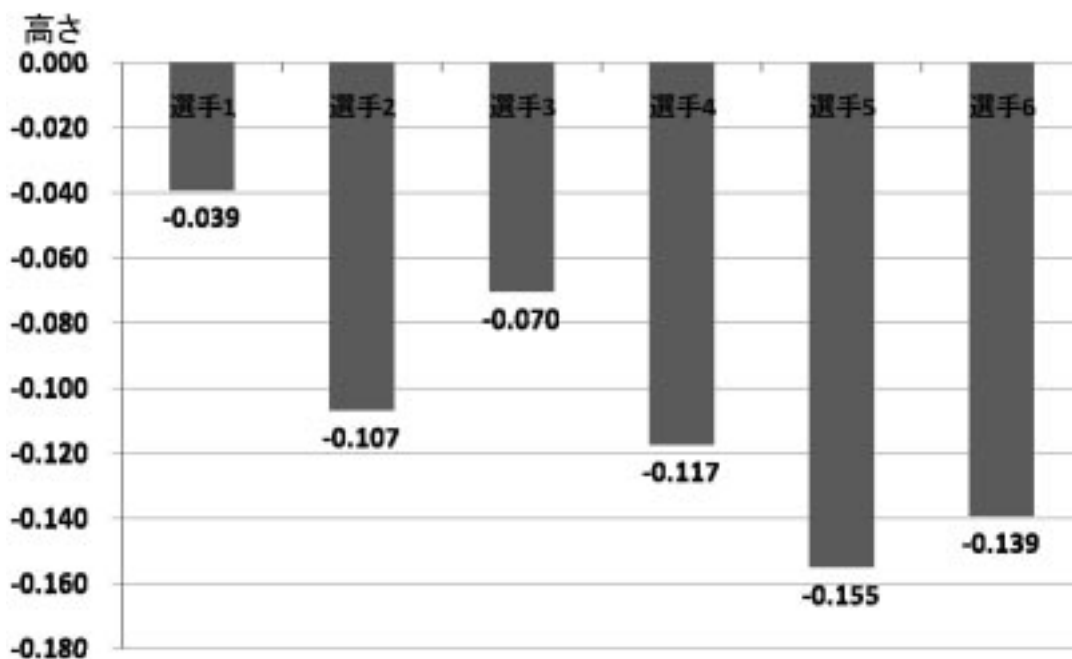


図4. 最大重心高とバー高の差
マイナスの値が大きいほどロスが大きい

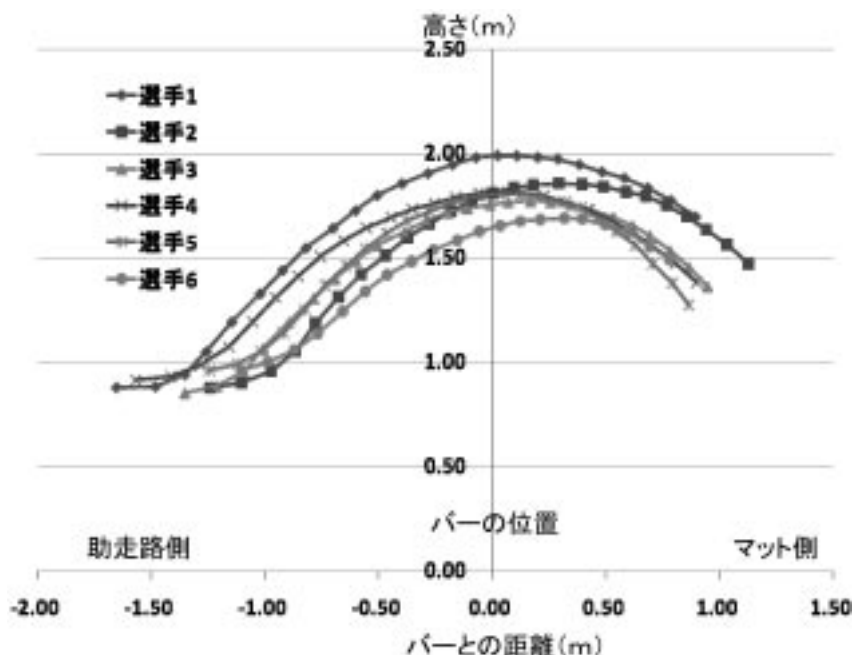


図5. 側方から見たバーの位置と重心との関係

手を比較対象とした場合、本研究で対象となった十種競技選手は踏切から得られた最大重心高より $-7.0 \sim -15.5\text{cm}$ 程度低いバーしかクリアできず、また、最大で 30cm 近くバーよりもマット側で最高点になる傾向にあった。

十種競技選手の走高跳で踏切離地時の重心高(=H₁)は身長等の体型が大きく影響すると考えられ、さらに空中における重心上昇高(=H₂)に関しては助走スピードアップや効果的な踏切技術によって向上することが可能であろう。

これとは別に、効率的なクリアランスの指標であろう最大重心高とバー高との差(=H₃)を埋めるような技術である、

- 1) 現時点で $-7.0 \sim -15.5\text{cm}$ 程度のロスがあるクリアランス姿勢を -4.0cm 前後を目標にした状態を作り、その前後の動作中も確実にバーをかわせること。
- 2) バーよりも極端にマット側および踏切位置側に偏らないで、ほぼバー位置付近に跳躍中の重心最高到達点をあわせること

(これには助走を含めた踏切位置の調整技術、上昇角度の調整技術などが必要であろう)。

等を習熟することによって本研究での対象となったレベルの選手では現状よりさらに $4 \sim 11\text{cm}$ 程度高いバーを越すことが可能になると思われる。

【文献】

- [1] 飯干明、阿江通良、結城匡啓、高松潤二、長沢光雄、湯海鵬：走高跳のバイオメカニクスの分析，世界一流陸上競技者の技術，ベースボールマガジン社（1994）
- [2] Robert Shapiro：Direct Linear Transformation Method for Three-Dimensional Cinematography, The Research Quarterly Vol.49（1978）
- [3] 石井政弘：各種情報機器を用いた陸上競技の競技力向上支援システムの構築，東京情報大学研究論集Vol.12 No.1（2008）
- [4] 石井政弘：3次元コンピュータ・グラフィックスを用いた視覚的フィードバックの試み，桜門体育学研究22巻（1988）

- [5] 石井政弘：スポーツ運動学習へのコンピュータおよび情報機器の利用ーリアルタイム映像分析による視覚的フィードバックー，経営情報科学 4 巻-1 (1991)
- [6] 石井政弘、杉下和夫、江森康文、原朗:リアルタイム映像分析およびコンピュータグラフィックスを用いたスポーツ・運動学習のための視覚的フィードバックシステムの研究（第 1 報）テニスのラリーパターン分析システムの試作,経営情報科学 7 巻-3 (1995)